

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 600 734**

51 Int. Cl.:

F28D 7/02	(2006.01)
F03G 6/06	(2006.01)
F01K 25/08	(2006.01)
F22B 1/00	(2006.01)
F22B 1/06	(2006.01)
F22B 1/16	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.05.2013 PCT/EP2013/001420**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.11.2013 WO13174486**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.05.2013 E 13722995 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.08.2016 EP 2856055**

54 Título: **Procedimiento para el intercambio térmico entre sal fundida y otro medio en un intercambiador térmico enrollado**

30 Prioridad:

**24.05.2012 DE 102012010311
02.08.2012 EP 12005614**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.02.2017

73 Titular/es:

**LINDE AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Klosterhofstrasse 1
80331 München, DE**

72 Inventor/es:

**WINKLER, HUBERTUS;
STEINBAUER, MANFRED;
KERBER, CHRISTIANE;
KONING, STEVEN;
LOCHBRUNNER, ANDREW;
WEIKL, MARKUS;
REITER, NORBERT;
MÜLLER-THORWART, OLE;
DEICHSEL, FLORIAN y
ADAMETZ, HELGO**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 600 734 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para el intercambio térmico entre sal fundida y otro medio en un intercambiador térmico enrollado

La presente invención se refiere a un procedimiento para el intercambio térmico indirecto entre sal fundida como primer portador de calor y al menos un segundo portador de calor como aceite térmico. Las masas de sal fundida se emplean, por ejemplo, en centrales de energía solar como portadores de calor.

Por portador de calor se debe entender un medio líquido, gaseoso o supercrítico que en un punto del proceso de la central eléctrica absorbe o desprende una cantidad de calor que luego vuelve a desprender o absorber en otro punto del proceso de la central eléctrica o fuera del mismo. En este sentido debe entenderse también un medio de trabajo como portador de calor al que en la central eléctrica se aporta energía térmica para transformarla en trabajo mecánico.

En las centrales de energía solar se produce corriente eléctrica a partir de energía solar a través de un proceso cíclico termodinámico. De un medio de trabajo que circula en un circuito de vapor (por ejemplo agua o amoníaco) se genera vapor recalentado que después se expande con rendimiento en una turbina de vapor acoplada a un generador de corriente. El medio de trabajo se puede aportar directamente a través de la radiación solar o indirectamente a través de un portador de calor (por ejemplo aceite térmico, sal fundida), que a su vez se calienta por medio de luz solar concentrada. Para extender la producción de corriente a horas en las que no luce el sol o para compensar las variaciones de la radiación solar debidas a las nubes, parte del calor solar irradiado se puede almacenar de modo intermedio con ayuda del mismo (de forma directa) o con ayuda de otro portador de calor (de forma indirecta). Normalmente se emplean para el almacenamiento intermedio del calor masas de sal fundida (tradicionalmente mezclas eutécticas de KNO_3 y NaNO_3), que se calientan directamente o a través de otro portador de calor, por ejemplo aceite térmico, o indirectamente a temperaturas de entre 250 – 400 °C o 600 °C y se almacenan en depósitos de fondo plano, transmitiendo su calor directa o indirectamente al medio de trabajo.

Para la transmisión del calor entre la sal fundida y otro portador de calor se emplean habitualmente intercambiadores térmicos de haces de tubos, los así llamados STHes (derivado del término inglés Shell and Tube Heat Exchangers). A causa de las grandes cantidades de calor a transmitir con pocas diferencias de temperatura entre los portadores de calor, los intercambiadores térmicos se conectan varios STHes en serie. En instalaciones existentes (Andasol 1 y 2) se disponen, por ejemplo, seis intercambiadores para la carga y descarga de los depósitos de sal fundida. En caso de cantidades de calor a transmitir aún mayores se tienen que instalar líneas paralelas. Esto conlleva elevados costes de inversión y pérdidas adicionales de la eficacia de la transmisión de calor.

Los STHes utilizados hasta ahora presentan además, a causa de su tipo de construcción, una flexibilidad menor en cuanto a las variaciones de temperatura en el arranque y frenado de la central eléctrica o en la carga y descarga del acumulador de calor, lo que da lugar a un tiempo de reacción más largo en el caso de oscilaciones de carga y, como consecuencia, a dificultades en la adaptación a las necesidades de red de corriente eléctrica.

Por el documento DE 10 2010 009 485 A1 se conoce un dispositivo para la generación de vapor de agua recalentado por medio de energía solar. El dispositivo comprende un circuito portador de calor y un circuito de agua/vapor de agua. Como portador de calor se puede emplear una masa de sal fundida. Los tubos de agua se colocan en un depósito a presión en forma de meandro y paralelos entre sí y se agrupan en haces de tubos. El medio portador de calor fluye a través de un depósito a presión pasando al lado de los tubos de agua dispuestos transversalmente respecto al mismo. Como consecuencia se produce un intercambio de calor entre el portador de calor y el agua/vapor de agua.

El documento DE 10 2010 009 485 muestra un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1.

El documento NL 8 201 857 A se refiere a un dispositivo para la acumulación de calor. Éste comprende un depósito 1 que se llena de sal, cuyo punto de fusión oscila entre los 50 °C y 80 °C. Por un conducto 5 se conduce un medio que aporta calor y por el conducto 7 un medio que absorbe calor. Por el conducto 5 se conduce en primer lugar el medio que aporta calor y que funde la sal en el depósito 1. A continuación se conduce por el conducto 7 el medio que absorbe el calor de fusión cedido, con lo que la sal vuelve a cristalizarse. Para mejorar la transmisión de calor se dispone en el interior del depósito un material fino como una gasa metálica.

Por el documento ES 2 355 911 se conoce un horno para la fusión de sales inorgánicas. El horno comprende un depósito con una entrada para sales inorgánicas, una salida para la sal fundida en el horno y un número de tubos termocambidores por los que se conducen los gases de combustión de temperaturas elevadas, por lo que las sales inorgánicas se calientan en el depósito y se funden. Los tubos presentan una sección en forma de espiral. En una variante de realización, los tubos se disponen a alturas diferentes que establecen los distintos niveles de calentamiento para el calentamiento del depósito.

El documento EP 1 975 537 A2 se refiere también a un procedimiento y a un dispositivo para la fusión de sales cristalinas.

El objetivo de la presente invención es el de proponer un procedimiento del tipo inicialmente mencionado que permita salvar los inconvenientes del estado de la técnica, especialmente en lo que se refiere a los STHes empleados hasta ahora.

Esta tarea se resuelve con un procedimiento según la reivindicación 1. Las reivindicaciones dependientes 2 a 6 se refieren a variantes de realización preferidas.

Se proporciona, por lo tanto, un procedimiento para el intercambio térmico indirecto entre una masa de sal fundida como primer portador de calor y al menos un segundo portador de calor, por ejemplo aceite térmico o agua o vapor de agua. De acuerdo con la invención, para el intercambio de calor la sal fundida y el segundo portador de calor se introducen en al menos un intercambiador térmico enrollado y se conducen por el mismo, presentando el intercambiador térmico enrollado una pluralidad de tubos enrollados en varias capas en un tubo de núcleo central que limita una zona de recubrimiento alrededor de los tubos, conduciéndose la sal fundida a través de esta zona de recubrimiento del intercambiador enrollado y siendo la temperatura de la sal fundida del orden de entre 250 °C y 600 °C, aproximadamente, mientras que el segundo portador de calor u otros portadores de calor son sal fundida, agua, vapor, amoniaco, dióxido de carbono supercrítico o aceite térmico y el segundo portador de calor u otros portadores de calor se conduce o conducen a través de los tubos del intercambiador térmico enrollado.

Los intercambiadores térmico enrollados, los así llamados CWHEs (derivado del término inglés Coil-Wound Heat Exchangers) son tipos especiales de intercambiadores térmicos que se emplean en la actualidad en diversos procesos a escala industrial como, por ejemplo, en el lavado con metanol, la licuación de gas natural o en la producción de etileno. Un intercambiador térmico enrollado presenta una pluralidad de tubos enrollados en varias capas alrededor de un tubo de núcleo central. Los tubos están rodeados por un recubrimiento que limita un espacio exterior alrededor de los tubos, denominado de aquí en adelante como zona de recubrimiento. Por otra parte, los tubos se juntan en la mayoría de los casos en uno o varios haces en fondos perforados previstos en los extremos del intercambiador térmico y se unen por medio de empalmes de tubo al recubrimiento del intercambiador térmico. Por lo tanto, los tubos del intercambiador térmico se pueden cargar con una única corriente de intercambiador térmico (corriente única) o a varias corrientes separadas del portador de calor (corrientes múltiples). Por la zona de recubrimiento del intercambiador térmico se puede conducir un portador de calor del lado del recubrimiento que intercambia el calor con una o varias corrientes de portador de calor del lado de los tubos.

Frente a los STHEs los CWHEs poseen una mayor proporción entre la superficie de intercambio térmico y el volumen, por lo que son más compactos. Además resultan más sólidos y flexibles en su funcionamiento. Gracias al control favorable del flujo a velocidades de flujo elevadas y a los consiguientes coeficientes elevados de transmisión de calor, los CWHEs también son apropiados para aplicaciones en las que los portadores de calor que intercambian el calor presentan pequeñas diferencias de temperatura. Con los CWHEs se pueden conseguir grandes diferencias entre la temperatura de entrada y la temperatura de salida del respectivo portador de calor. Otra ventaja de los CWHEs consiste en que se pueden configurar de modo autodescargador, tanto por el lado del recubrimiento, como por el lado de los tubos. Esto es importante para la aplicación con sal fundida, dado que la sal solidificada dentro del intercambiador térmico no se puede volver a fundir. Los CWHEs son además insensibles a los fuertes cambios de temperatura que se producen a diario en las centrales de energía solar que emplean masas de sal fundida.

De acuerdo con la invención, la sal fundida se conduce por la zona de recubrimiento del intercambiador térmico enrollado. La temperatura de la sal fundida es del orden de entre 250 °C a 600 °C, aproximadamente, con preferencia de entre 250 °C a 400 °C, aproximadamente, y con especial preferencia, en aplicaciones a temperaturas elevadas, de entre 550 °C a 600 °C, aproximadamente.

El segundo u otro portador de calor, según la invención otra masa de sal fundida, agua, vapor de agua, amoniaco, dióxido de carbono supercrítico o aceite térmico, se conduce o se conducen por los tubos del intercambiador térmico enrollado. Del lado de los tubos existe por lo tanto la posibilidad de conducir, en caso de intercambiadores térmicos enrollados de corrientes múltiples, varios portadores de calor distintos entre sí a través de los tubos del intercambiador térmico.

En algunas aplicaciones puede ser necesario emplear, para la transmisión de una cantidad de calor definida entre la sal fundida y el segundo portador de calor, varios intercambiadores térmicos enrollados dispuestos de forma paralela.

Una variante preferida del procedimiento según la invención prevé que toda la cantidad de calor a transmitir entre los dos portadores de calor se intercambie a través de no más de dos CWHEs. En un CWHE se han de realizar preferiblemente varios pasos de transmisión de calor como, por ejemplo, calentamiento y/o evaporación y/o recalentamiento de un portador de calor, por ejemplo agua o vapor.

Una variante de realización especialmente preferida del procedimiento según la invención prevé que toda la cantidad de calor a transmitir entre los dos portadores de calor se intercambie a través de exactamente un CWHE. Con preferencia, el calentamiento, la evaporación y el recalentamiento del portador de calor, por ejemplo agua o vapor, se han de realizar en exactamente un CWHE.

El procedimiento según la invención se puede emplear de manera especialmente ventajosas en centrales de energía solar, dado que, como consecuencia de la sencillez mecánica de los CWHEs, el acumulador de una central de energía térmica se puede diseñar de manera considerablemente más compacta que la que es posible según el estado de la técnica, lo que permite una notable reducción de los costes de inversión.

En las centrales de energía solar también pueden surgir aplicaciones en las que los portadores de calor o medios de trabajo, que no son sal fundida, pueden intercambiar calor entre sí, por ejemplo aceite térmico y agua/vapor.

También en este caso se pueden emplear ventajosamente intercambiadores térmicos enrollados para la transmisión de calor entre los portadores de calor que no son sal fundida. Sin embargo, estas aplicaciones no constituyen formas de realización de la presente invención.

5 A continuación la invención se describe más detalladamente a la vista de ejemplos de realización. Las figuras muestran:

Figura 1 una representación esquemática de dos procedimientos para el intercambio térmico indirecto entre una masa de sal fundida como primer portador de calor y un segundo portador de calor con ayuda de un intercambiador térmico enrollado en una central de energía solar;

Figura 2 el intercambiador térmico enrollado de la figura 1 en una vista en perspectiva y parcialmente seccionada.

10 Primer ejemplo:

El recorrido del primer portador de calor del primer ejemplo se indica en las figuras 1 y 2 con líneas continuas. Del depósito de almacenamiento 1 se extrae, como primer portador de calor, sal fundida 2 a una temperatura de unos 300 °C que se aporta a través de un conducto 4 a un intercambiador térmico enrollado 5 mostrado en la figura 2 en una vista en perspectiva.

15 El intercambiador térmico enrollado 5 mostrado en la figura 2 presenta un recubrimiento 6 que rodea a una zona de recubrimiento 7 dentro del intercambiador térmico 5. En el interior de la zona de recubrimiento 7 se encuentra una pluralidad de tubos 8 enrollados en varias capas alrededor de un tubo de núcleo central 9. El intercambiador térmico 5 representado en la figura 2 presenta tres haces 10 de tubos en los que los fluidos se pueden cargar respectivamente a través de empalme de tubo 11 ó 21. En todo caso, para la presente aplicación basta con un modelo de corriente única con un único haz 10 de tubos. Los respectivamente tres haces 10, empalme de tubo 11 ó 21 existentes han de considerarse como sustituidos respectivamente por un haz 10, un empalme de tubo 11 en el extremo inferior del intercambiador térmico 5 y un de tubo 21 en el extremo superior del intercambiador térmico. Por consiguiente se parte en la siguiente descripción de un modelo de corriente única.

25 A través de un empalme de tubo 16 previsto por el extremo inferior del intercambiador térmico se introduce, por el conducto 4, la sal fundida 2 en la zona de recubrimiento 7 del intercambiador térmico 5. Por el extremo superior del intercambiador térmico 5 se introduce, como segundo portador de calor 15, aceite térmico a una temperatura de unos 400 °C, a través del empalme de tubo 21, en los tubos 8 del intercambiador térmico enrollado 5. El aceite térmico caliente 15 que fluye por los tubos 8 entra en intercambio térmico indirecto con la sal fundida 2 que fluye en la zona de recubrimiento 7 y que se calienta. La sal fundida 2 calentada sale de la zona de recubrimiento 7 del intercambiador térmico 5 a una temperatura de unos 400 °C a través de un empalme de tubo 14 situado por el extremo superior del intercambiador térmico 5 y se introduce a través de un conducto 17 en un segundo depósito de almacenamiento 20, tal como muestra la figura 1. La sal fundida calentada 2 se puede extraer del depósito de almacenamiento 20 para su posterior utilización. El aceite térmico 15 enfriado a unos 300 °C sale del intercambiador térmico 5 por el extremo inferior del mismo a través del empalme de tubo 11.

35 Segundo ejemplo:

El recorrido de los portadores de calor del segundo ejemplo se indica en las figuras 1 y 2 con líneas discontinuas. La sal fundida 2' se transporta con ayuda de una bomba 3 desde el depósito de almacenamiento 1, a través del conducto 4', hasta el intercambiador térmico 5. Por el extremo superior del intercambiador térmico 5 la sal fundida 2' se introduce, a través del empalme de tubo 14, en la zona de recubrimiento 7 del intercambiador térmico 5 a una temperatura del orden de entre 250 °C a 600 °C, con preferencia de entre 250 °C a 400 °C y con especial preferencia, en aplicaciones a temperaturas elevadas, de entre 550 °C a 600 °C. La sal fundida 2' intercambia el calor indirectamente con el agua 15' introducida por el extremo inferior del intercambiador térmico 5 en los tubos 8 a través del empalme de tubo 11. Al pasar por los tubos 8 el agua 15' se calienta, se evapora y finalmente se recalienta antes de abonar el intercambiador térmico enrollado 5 como vapor de agua recalentado 15'' a través del empalme de tubo 21 y ser aportada a una turbina de vapor no representada. La sal fundida 2' enfriada en el intercambiador térmico 5 sale de la zona de recubrimiento 7 del intercambiador térmico 5 a través del empalme de tubo 16 y llega por el conducto 17' al depósito de almacenamiento 20. Desde allí la sal fundida 2' se puede volver a calentar mediante la aportación directa o indirecta de energía solar para utilizarla de nuevo para el intercambio térmico en el intercambiador térmico 5.

50

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para el intercambio térmico indirecto entre una masa de sal fundida (2, 2') como primer portador de calor y al menos un segundo portador de calor (15, 15'), caracterizado por que la sal fundida (2, 2') y el segundo portador de calor (15, 15') se introducen en un intercambiador térmico enrollado (5) y se conducen por el mismo, presentando el intercambiador térmico una pluralidad de tubos (8) enrollados en varias capas en un tubo de núcleo central (9) que están rodeados por un recubrimiento (6) que limita una zona de recubrimiento (7) alrededor de los tubos (8), conduciéndose la sal fundida (2, 2') a través de esta zona de recubrimiento (7) del intercambiador enrollado (5) y siendo la temperatura de la sal fundida del orden de entre 250 °C y 600 °C, aproximadamente,
- 10 mientras que el segundo portador de calor (15, 15') u otros portadores de calor son sal fundida, agua, vapor, amoníaco, dióxido de carbono supercrítico o aceite térmico y el segundo portador de calor u otros portadores de calor se conduce o conducen a través de los tubos (8) del intercambiador térmico enrollado (5).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la temperatura de la sal fundida es del orden de entre 250 °C a 400 °C, aproximadamente, o del orden de entre 550 °C a 600 °C, aproximadamente,
- 15 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado por que toda la cantidad de calor transmitida entre la sal fundida (2, 2') y el segundo portador de calor (15, 15') se intercambia en varios intercambiadores térmicos enrollados dispuestos paralelamente entre sí.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que toda la cantidad de calor a transmitir entre la sal fundida (2, 2') y el segundo portador de calor (15, 15') se intercambia a través de no más de
- 20 dos intercambiadores térmicos enrollados (5).
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1, 2 ó 4, caracterizado por que toda la cantidad de calor a transmitir entre la sal fundida (2, 2') y el segundo portador de calor (15, 15') se intercambia a través de exactamente un intercambiador térmico enrollado (5).
6. Empleo de un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en una central de energía solar.

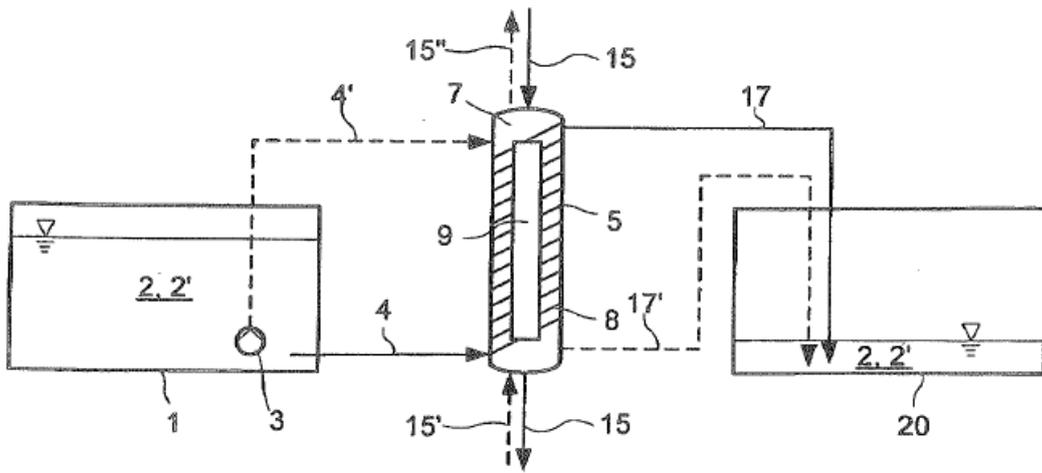


Fig. 1

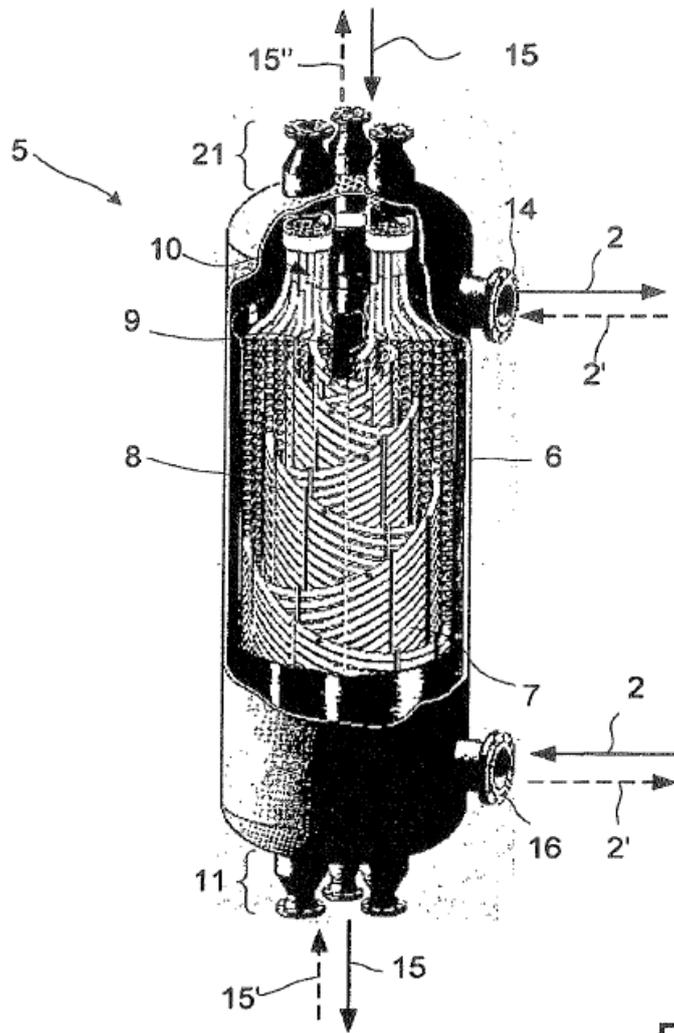


Fig. 2